

THE ACQUISITION SYSTEM FOR ELECTROGRAM RE-CORDING

František Fajmon

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xfajmo01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Oto Janoušek

E-mail: Janouseko@feec.vutbr.cz

Abstract: This article deals with ECG acquisitions and analysis for laboratory studies. Proposed algorithms are realized in Matlab and Arduino workspace. Output this project is device for acquisitions ecg from isolated rodent heart.

Keywords: ECG, Arduino, Pan – Tompkins

1. ÚVOD

Elektrokardiogram je základní neinvazivní metoda pro měření elektrické aktivity srdečního svalu. Uplatnění metody je možné nalézt v medicínské praxi a výzkumu. V medicínské praxi slouží elektrokardiogram jako jeden z hlavních faktorů pro odhalení ischemické choroby srdeční. Ve výzkumu jsou zkoumány vlivy nejrůznějších léčiv na převodní systém srdce. V případě této práce bude rozebráno konstrukční řešení systému pro měření elektrokardiogramu na izolovaném srdci hlodavce. Dále zde bude popsán algoritmus akvizice elektrokardiogramu a algoritmus pro výpočet tepové frekvence.

2. NÁVRH SYSTÉMU

Jak již bylo zmíněno v úvodu projekt se zabývá návrhem akviziční jednotky pro laboratorní snímání elektrokardiogramu na izolovaném srdci hlodavce. Hlodavci se obecně vyznačují vyšší klidovou tepovou frekvencí než člověk, například klidová tepová frekvence králíka domácího je 250 tepů za minutu. Vzhledem k požadavkům snímání izolovaného srdce s vysokou tepovou frekvencí je nutné akviziční jednotku přizpůsobit.

2.1. AKVIZIČNÍ JEDNOTKA

Pro řešení akvizičního systému byla využita platforma Arduino UNO, která je založena na osmi bitovém mikroprocesoru Atmel328, který obsahuje desetibitový analogově digitální převodník. Analogově digitální převodník disponuje maximální vzorkovací frekvencí 10kHz. Arduino zde slouží jako řídicí a akviziční jednotka. Dále byl použit EKG shield od bulharské firmy Olimexino, který slouží jako zesilovač EKG signálu. EKG shield pracuje ve frekvenčním rozmezí od 0.16 Hz do 40 Hz, zesílení signálu je možné zvolit 200 x – 3590 x. Přenos dat do počítače je realizován pomocí bluetooth modulu HC – 05, nebo pomocí USB sběrnice. Bluetooth komunikuje s PC pomocí protokolu SPP, který je ekvivalentem klasické RS 232 linky.

Analogově digitální převodník je desetibitový. Referenční napětí je nastaveno na 3V, vzorkovací frekvence byla vzhledem k experimentálnímu použití nastavena na 1000 Hz. Vzhledem k takto vysoké frekvenci bylo nutné nastavit vyšší přenosovou rychlost. Přenosová rychlost byla vypočítána dle rovnice (1). Za proměnou F_{vz} je dosazena vzorkovací frekvence a za počet bitů je dosazen počet bitů potřebných k přenesení jednoho vzorku. Z teorie je patrné, že k přenesení jednoho desetibitového vzorku pomocí RS232 protokolu je nutné 20 bitů resp. 40 bitů. Dalších 20 bitů slouží pro přenos

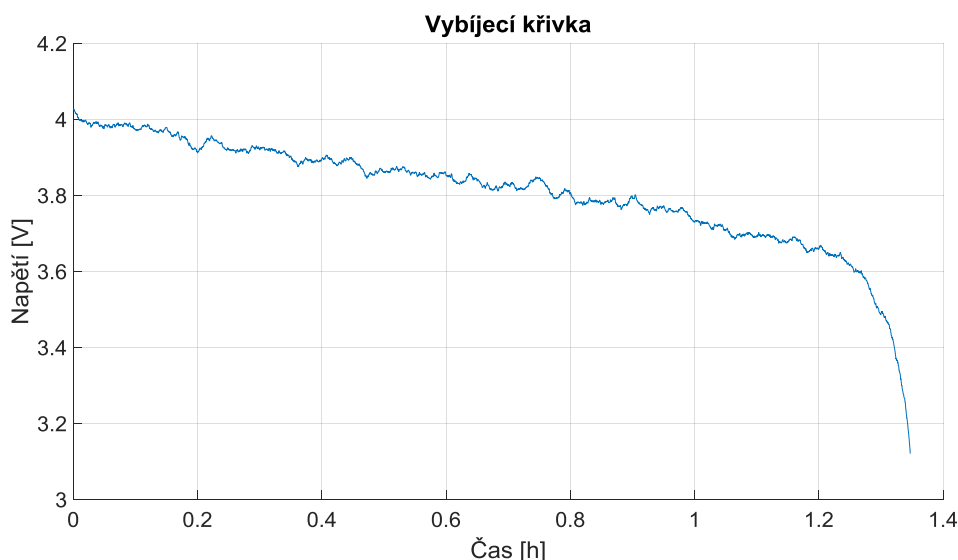
příkazu CR/LF. Tento příkaz znamená návrat tiskové hlavy a posun na nový řádek. Příkaz dále slouží k synchronizaci datového toku mezi oběma stranami. Pokud jsou tyto hodnoty dosazeny do rovnice (1) vychází minimální přenosová rychlost na 40000 baudů. Z definice sériové linky je nejbližší definovaná přenosová rychlost 56000 baudů, která splňuje podmínku přenosové rychlosti. V případě tohoto projektu byla použita nejvyšší povolená přenosová rychlost standardu 115200 baudů. Tato rychlost zde byla použita z důvodu případné nutnosti zvýšit vzorkovací frekvenci nebo doplnění monitorování stavu baterie.

$$Baud = Fvz * \text{počet bitů} [Baud] \quad (1)$$

2.2. NAPÁJENÍ

Napájení modulu je řešeno pomocí klasické powerbanky, která byla modifikována pro snímání stavu baterie následujícím způsobem. U powerbanky je na datové vstupy přivedeno napětí z baterie, které slouží pro detekci úrovně nabití. Na straně arduina je použit klasický konektor USB – B, jehož datové výstupy jsou vedeny přes odporový dělič do analogového vstupu A1. Napájecí výstupy konektoru jsou vedeny do napájecího konektoru Arduina. Napětí plně nabité baterie je 4.1V elektronika obsažená v powerbance odpojuje zátěž při napětí baterie 3V. Vybíjecí křivka baterie je na Obr.1. Vzhledem k referenčnímu napětí A/D převodníku, které je nastaveno na 3V, je nutné použít již zmíněný odporový dělič. Hodnoty rezistorů byly vypočítány dle rovnice pro výpočet nezatíženého děliče dle rov 2. Hodnoty rezistorů $R_2 = 290k\Omega$ a $R_1 = 100k\Omega$. Při hodnotě vstupního napětí $U_{vst} = 4.1V$ je výstupní $U_{výst} = 3V$.

$$U_{výst} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * U_{vst} \quad (2)$$



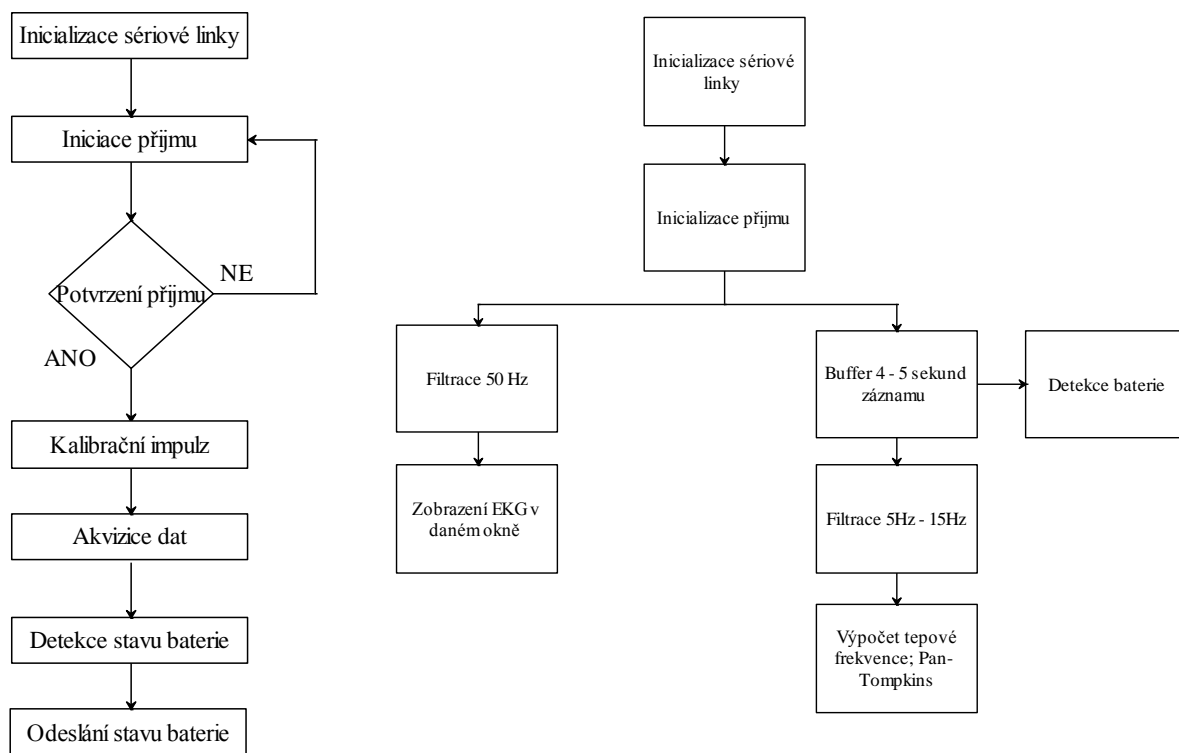
Obrázek 1: Vybíjecí křivka

Tato vybíjecí křivka je v podobě tabulky implementována v programu, který na základě napětí baterie vypočítává její zbývající kapacitu a odhaduje zbývajících čas provozu zařízení.

2.3. PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ

Programové vybavení zařízení je složeno z programu pro mikroprocesor a hlavního programu v PC pro vyhodnocení elektrokardiogramu. V době psaní této práce dochází k programovým změnám obou programů. Blokové schéma programu pro mikroprocesor je na Obr. 2 vlevo, blokové schéma běhu hlavního programu je na Obr.2 vpravo. Nejprve proběhne inicializace sériové linky a příjmu na obou zařízeních. Následně se vyšle kalibrační impuls, který slouží ke škálování měřítka osy y. Následuje akvizice dat, kdy se posílají jednotlivé vzorky. Signál je v počítači filtrován pásmovou zadrží s mezním kmitočtem 50Hz. Následuje zobrazení EKG signálu v uživateli zvoleném okně, které

slouží pro jeho přiblížení a případné nahrávání. Do vstupní vyrovnávací paměti je nahrán úsek 4 až 5 sekund EKG záznamu. Z tohoto úseku je vyhodnocena tepová frekvence pomocí algoritmu Pan – Tompkins. Z důvodu nedostatečné přenosové kapacity navzdory maximální přenosové rychlosti není možné přenášet současně stav baterie a elektrokardiogramu se shodnými parametry přenosu. Je proto nutné vždy na konci okna záznamu vynechat jeden vzorek ekg signálu a nahradit jej hodnotou odpovídající stavu baterie.



Obrázek 2: Bloková schémata programů

3. ZÁVĚR

Tato práce se zabývá návrhem akvizičního systému pro snímání elektrokardiogramu na izolovaném srdci hlodavce. Toto zařízení bude využíváno v reálném provozu pracovníky Masarykovy univerzity. Z tohoto důvodu je kladen důraz na maximální stabilitu systému a uživatelskou přívětivost.

REFERENCE (ANGLICKY = REFERENCES)

- [1] Základní charakteristiky. *Abeceda baterií a akumulátorů* [online]. Praha: BATTEX, 2008 [cit. 2016-12-25]. Dostupné z: <http://www.battex.info/hermeticke-akumulatory/li-akumulatory/zakladni-charakteristiky>
- [2] MALMIVUO, Jaakko a Robert PLONSEY. *Bioelectromagnetism: principles and applications of bioelectric and biomagnetic fields* [online]. New York: Oxford University Press, 1995, xxii, 482 p. [cit. 2016-11-18]. ISBN 01-950-5823-2. Dostupné z: <http://www.bem.fi/book/>
- [3] Sériová linka RS-232. *Vyvoj.hw.cz* [online]. Praha, 2005 [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <http://vyvoj.hw.cz/rozhrani/hw-server-predstavuje-seriova-linka-rs-232.html>